

## Комп'ютерне моделювання природоохоронних процесів

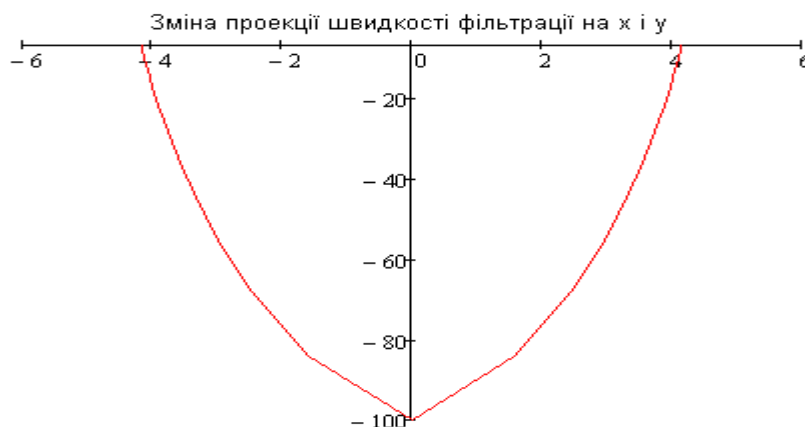


Рис. 1 – Роз оділення води у ґрунтовому шарі при моделюванні

Отже вплив небезпечних промислових об'єктів призводить до небезпечних геологічних процесів і явищ, таких як підтоплення, засолення, заболочення та ін.

1. Дырда, В. Устойчивое развитие и проблемы глобальной безопасности [Текст] /Дырда В., Осипенко В.// Проблемы безопасности при чрезвычай. ситуациях. — 1995. — № 12. — С. 3—22.
2. Абрамов И.Б. Оценка воздействия на подземные воды промышленно-городских агломераций[Текст] /И.Б.Абрамов – Харьков, 2007. – 285с.
3. БойкоТ.В. Особливостівикористанняметода «індекс-ризик» для оцінки техногенної безпеки об'єктів [Текст]/ Бойко Т.В. // Восточно-европейский журнал передовыхтехнологий. Информационные технологии.-2009.- №6/5 (42).- с.44-47.

### РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ОПТИМІЗАЦІЇ СХЕМ ВОДОСПОЖИВАННЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ У НЕЯВНОМУ ВИГЛЯДІ

Квітка О. О., Шахновський А. М., Семенюта О. М.

Національний технічний університет України «КПІ», [kxtp@list.ru](mailto:kxtp@list.ru)

Представлена робота присвячена дослідженню шляхів збільшення ефективності процедур автоматизованого проектування та модернізації схем водоспоживання (СВС) промислових підприємств на основі методів структурної оптимізації. Структурна оптимізація (СО) схем водоспоживання, водовідведення та водоочищення спрямована на максимально повне використання ресурсу СВС без заміни основного обладнання, за рахунок організації системи рециклів і полягає у раціональному перерозподіленні потоків між процесами СВС [1]. Такий підхід є поширеним внаслідок відносно низької вартості впровадження пропонуваніх на його основі технічних рішень.

Переважає більшість поширених нині процедур СО СВС передбачає досягнення задачі проектування шляхом формулювання, параметричної ідентифікації та вирішення числовими методами задачі математичного програмування певного вигляду. При цьому задача оптимізації зазвичай включає цільову функцію, що має технологічний або економічний зміст і забезпечує рушійну силу процесу оптимізації та систему обмежень технологічного характеру, які надають результатам оптимізації належного фізичного сенсу.

Зазначена система обмежень формулюється на основі математичних моделей елементів СВС (моделей прооцесів-водоспоживачів, процесів водоочищення, змішувачів та ділників потоків, тощо). Специфіка числових методів, що застосовуються для розв'язання задач оптимізації, вимагає формулювати обмеження у вигляді системи алгебраїчних рівнянь та нерівностей явного вигляду. Під час пошуку оптимуму на кожній з ітерацій цієї процедури реалізується підстановка даних в математичну модель із отриманням результируючих модельних величин (зокрема, концентрацій забруднювачів на виході з

процесу). Такий розрахунок являє собою частковий випадок процесу математичного моделювання. В результаті виключається використання у процесі СО математичних залежностей неявного вигляду (диференціальних рівнянь, тощо).

В той же час, процеси, що протікають у СВС, зокрема, при водоспоживанні та водоочищенні, мають складну природу, і традиційні спрощені моделі вказаних процесів не завжди забезпечують достатню точність опису цих явищ у потрібному обсязі. В результаті, при традиційному підході до СО СВС (рис. 1, а) може виникати додаткова похибка результатів проектування.

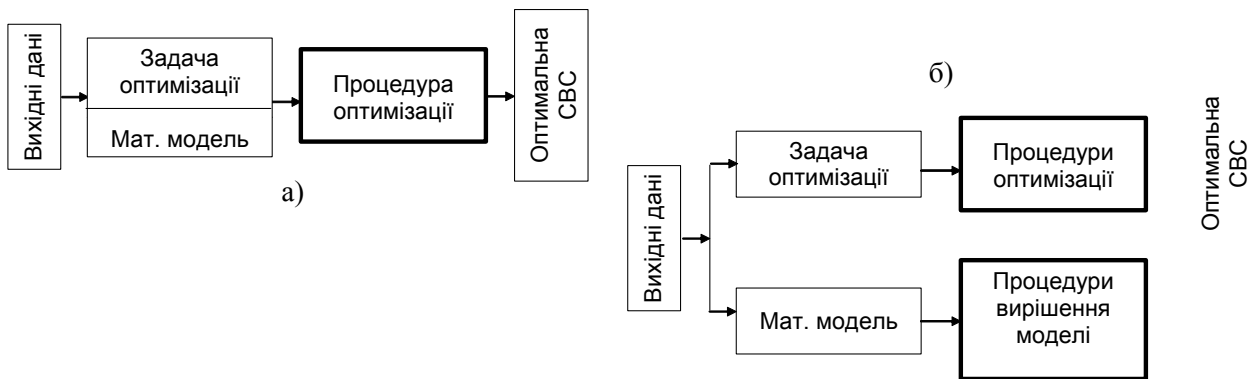


Рис. 1 – Процедури проектування СО СВС:

а – традиційний підхід; б – «одночасний розрахунок-оптимізація»

Застосований авторами підхід, умовно названий «одночасний розрахунок-оптимізація» (рис. 1, б) відкриває можливість використання при СО СВС математичних моделей заданого дослідником ступеню точності. Складність використовуваної математичної моделі обмежується лише наявними обчислювальними ресурсами (наявністю в дослідника програмно-алгоритмічного забезпечення для вирішення обраної моделі, потужністю комп'ютера, тощо).

Процедура оптимізації базується на лінеаризованій задачі математичного програмування, що є спрощенням формулювання, запропонованого раніше [2]:

$$z = \sum_{j=1}^n F_{jw} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{C_f F_{fi} + \sum_{j=1}^n C_j F_{ji}}{F_{i \max}} &\leq C_{i \max} \\ F_{fi} + \sum_{j=1}^n F_{ji} &\geq F_{i \text{ном}} \\ \sum_{j=1}^n F_{ij} &\leq F_j \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де  $F_{ij}$  – витрата повторно використаної води, що надходить з  $i$ -го в  $j$ -й водоспоживач, м<sup>3</sup>/год;  $C_i$  – концентрація домішки у воді, що виходить з  $i$ -го процесу, г/л;  $F_{iw}$  – витрата стічної води, що виходить з  $i$ -го апарату, м<sup>3</sup>/год;  $F_{fi}$  – витрата свіжої води, що надходить до  $i$ -го процесу-водоспоживача, м<sup>3</sup>/год;  $C_f$  – концентрація забруднювача у свіжій воді, г/л;

$C_{i\max}$  – максимально припустима концентрація забруднюючої домішки на вході в  $i$ -й водоспоживач, г/л;  $F_{i\text{ном}}$  – номінальна витрата води для  $i$ -го процесу, м<sup>3</sup>/год;  $n$  – кількість процесів-водоспоживачів.

Розмірність задачі оптимізації (1)-(2) визначається граничною кількістю потоків свіжої води на кожен апарат –  $F_{fi}$  (кількість:  $n$ ) та повторно використаної води –  $F_{ij}$  (кількість:  $n^2$ ): загальна кількість змінних оптимізації ( $n + n^2$ ).

У коло задач дослідження входило також обґрунтування ефективних засобів реалізації представленого вище алгоритму. На нинішньому етапі у якості програмного середовища використана мова програмування Python та бібліотека PuLP. Такий вибір обумовлений значною популярністю Python у сфері наукових та інженерних обчислень, а також появою великої кількості бібліотек відкритого програмного коду для вирішення інженерних задач.

Архітектура розроблюваного обчислювального модуля включає використання шаблону проектування «Стратегія», який дозволяє замінити способи реалізації алгоритму, незалежно від реалізації інших компонентів програмної системи. Таким чином, можна замінювати як особливості алгоритму, так і звертатись до різних бібліотек програмного коду (наприклад PuLP, OpenOpt, PyIopt, PyEvolve та ін.).

1. *Шахновский, А.М.* Структурная оптимизация схем промышленного водопотребления [Текст] / А.М. Шахновский, Г.А. Статюха, А.А. Квитка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2004. – №3. – с. 149-153.
2. *Статюха, Г.О.* Моделювання схем промислового водоспоживання на основі методу структурних параметрів [Текст] / А.А. Квитка, Г.А. Статюха, А.М. Шахновский // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2003. – №5. – с.57-62.

### КОМП'ЮТЕРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛОНІВ ІЗ СПІРАЛЬНИМ НАПРАВЛЯЮЧИМ АПАРАТОМ

Дубинін А.І., Майструк В.В., Гаврилів Р.І.

Національний університет «Львівська політехніка», atamanyuk@ukr.net

В промисловості використовується велика кількість різних конструкцій циклонів. Однак внаслідок динамічного розвитку промисловість вимагає створення нових і вдосконалення існуючих пиловловлюючих апаратів, які б ефективно працювали в умовах сучасного виробництва.

На даний час така задача вирішується декількома способами:

- 1) імітацією виробничих умов під час експериментальних досліджень;
- 2) використанням сучасних CFD програм.

В циклонах різних конструкцій, відбувається дуже складний турбулізований завихрений рух газового потоку. Експериментальні дослідження дозволяють точно визначити структуру газового потоку в апараті, але траєкторії пилових частинок не завжди співпадають із траєкторією газу. Крім того результати досліджень однієї конструкції апарату не можна застосувати на інших моделях. Також цей метод є дорогий і довготривалий в часі.

Останніми роками, у зв'язку з потужним розвитком комп'ютерної техніки та програмного забезпечення, істотно розширилися можливості числового аналізу завдяки CFD - програмам (Computational Fluid Dynamics), що призначені для комп'ютерного аналізу задач гідрогазодинаміки. До цього класу належать такі програми, як Cosmos Flow Simulation, Fluent, Flowvision та інші. CFD-програми добре себе зарекомендували під час наукових досліджень у різних галузях промисловості. Застосування CFD-програм можуть значно скоротити час проектування та дослідження нових конструкцій апаратів, відкинути на етапі проектування заздалегідь невдалі конструкції. Проте вадами пакетів програмного забезпечення прикладної гідрогазодинаміки є універсальність програмного забезпечення, яке призводить до того, що особливості роботи циклона розглядаються неповною мірою.